



Espacenet

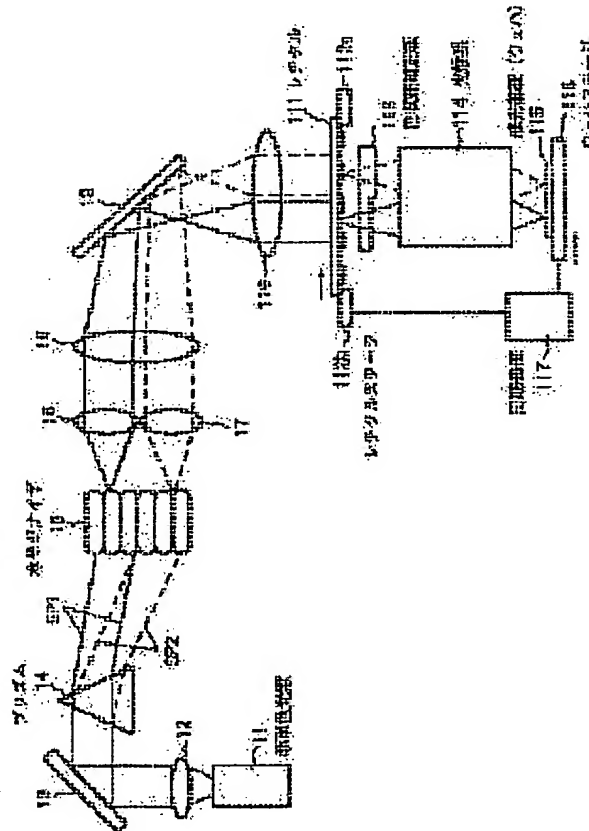
## Bibliographic data: JP 9115811 (A)

### PROJECTION EXPOSURE APPARATUS AND METHOD

**Publication date:** 1997-05-02  
**Inventor(s):** TANABE YASUYOSHI +  
**Applicant(s):** NEC CORP +  
**Classification:**  
     - international: G03F7/20; H01L21/027; (IPC1-7): G03F7/20; H01L21/027  
     - European: G03F7/20T16  
**Application number:** JP19950272269 19951020  
**Priority number(s):** JP19950272269 19951020  
**Also published as:** • JP 2692660 (B2)

### Abstract of JP 9115811 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve light availability of a light source having a quasimonochromatic spectrum. **SOLUTION:** Colors of a light beam having quasi-monochromatic spectrum characteristics from a light source 11 are separated by using a prism 14. Respective separated colors are applied as spectrum light beams to corresponding positions of a reticle 111. The color aberration mainly in the optical axis direction of the image in a pattern region of the reticle 111 are corrected by correcting the optical path lengths thereof by using a chromatic aberration correcting plate 113. Reticle stages 112a, 112b and a wafer stage 116 are scanned parallel to the paper by using a synchronous mechanism 117 while maintaining an image-formation relationship.



Last updated:  
 26.04.2011 Worldwide  
 Database 5.7.23.1; 93p

## (19) Japan Patent Office (JP)

## (12) Published Unexamined Patent Application (A)

(11) Publication No. of Unexamined Application: **Kokai No. H9-115811**5 (43) Date of Publication of Unexamined Application: **1997.05.02**

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	Identification Code	JPO File No.	FI	Technical Indicator
----------------------------	---------------------	--------------	----	---------------------

H01L 21/027			H01L 21/30 515 D	
G03F 7/20	521		G03F 7/20 521	
			H01L 21/30 515 B	

10		Request for Examination:	Requested
		Number of Claims:	6
		Method of Filing:	OL (Online)
		Total Number of Pages:	6

15 (21) Patent Application No.: **H7-272269**(22) Filing Date: **1995.10.20**(71) Applicant: **000004237****NEC CORPORATION**

7-1, Shiba 5-chome, Minato-ku, Tokyo

20 (72) Inventor: **Yasuyoshi TANABE**

c/o NEC Corporation

7-1, Shiba 5-chome, Minato-ku, Tokyo

(74) Agent: **Patent Attorney Kaneyuki MATSUURA**

25

**(54) Title of Invention**

PROJECTION EXPOSURE APPARATUS AND PROJECTION EXPOSING  
METHOD

**(57) Abstract**30 **Problems Solved**

Because only some of a plurality of lights, the colors of which have been separated out by a chromatically dispersive element, can pass through a slit, it is not possible to utilize the entire spectrum of laser light from a light source, which reduces light utilization efficiency and, in turn, leads to a decrease in the throughput of a projection exposure

apparatus. The conventional apparatus, which uses a catadioptric optical system, is disadvantageous in that it is difficult to design and manufacture the optical system.

**Solution**

5 A light beam, which has quasi-monochromatic spectral characteristics, from a light source **11** is subject to chromatic separation by a prism **14**, and the colored lights that were separated out are radiated as lights of different spectrums to corresponding positions on a reticle **111**. An image of the pattern area of the reticle **111** is corrected principally for chromatic aberration in the optical axis directions by using a chromatic aberration correcting plate **113** to correct optical path lengths. In addition, illumination unevenness is corrected by  
10 using a synchronization mechanism **117** to scan reticle stages **112a**, **112b** and a wafer stage **116** while maintaining an image forming relationship in the directions within the paper plane.

## CLAIMS

## 1. A projection exposure apparatus, comprising:

a light source, which emits a light beam that has quasi-monochromatic spectral characteristics;

5 a chromatically separating element, which separates the light beam into different wavelengths;

a reticle, wherein a pattern is formed;

an illumination optical system, which radiates light beams of a plurality of wavelengths, which were separated out by the chromatically separating element, to  
10 different positions on the reticle;

a projection optical system, which transfers an image of the pattern of the reticle, which was obtained by illumination by the illumination optical system, onto a photosensitive substrate;

15 a chromatic aberration correcting means, which corrects chromatic aberration that arises at different positions on the reticle; and

an illumination unevenness correcting means, which corrects illumination unevenness that arises at different positions on the reticle.

## 2. A projection exposure apparatus according to claim 1, wherein

20 the chromatic aberration correcting means is a chromatic aberration correcting plate that is provided in the projection optical system and corrects optical path lengths.

## 3. A projection exposure apparatus according to claim 1, wherein

the chromatic aberration correcting means is configured to tilt a first stage, whereon the photosensitive substrate is mounted, with respect to an optical axis of the light radiated onto the photosensitive substrate via the projection optical system.

25 4. A projection exposure apparatus according to any one claim of claim 1 through claim 3, wherein

the illumination unevenness correcting means is a synchronization mechanism that synchronously scans the first stage, whereon the photosensitive substrate is mounted, and a second stage, whereon the reticle is mounted.

30 5. A projection exposure apparatus according to any one claim of claim 1 through claim 3, wherein

the illumination unevenness correcting means is a luminous flux intensity correcting plate, which is disposed in the illumination optical system and at a position conjugate to the reticle; that is configured such the transmittance varies within its surface.

6. A projection exposing method, comprising the steps of:

separating a light beam that has quasi-monochromatic spectral characteristics into different wavelengths using a chromatically separating element;

radiating the plurality of light beams to different positions on a reticle, whereon a pattern is formed, thereby correcting chromatic aberration and illumination

unevenness that arise at different positions on the reticle; and

transferring the obtained pattern image of the reticle onto a photosensitive substrate.

## **Detailed Explanation of the Invention**

### **[0001]**

#### **Field of the Invention**

The present invention relates to a projection exposure apparatus and a projection exposing method, and more particularly relates to a projection exposure apparatus and a projection exposing method that is used in the transfer of a circuit pattern during a process of manufacturing a semiconductor integrated circuit and the like.

### **[0002]**

#### **Related Art**

A step-and-repeat type reduction projection exposure apparatus, which projects the g-line or i-line spectrum from an ultrahigh pressure mercury vapor lamp that serves as a light source, that is, a so-called stepper, plays a central role in the lithographic process performed in the manufacture of a semiconductor integrated circuit. However, recently, the level of integration of semiconductor integrated circuits has continued to increase and, to improve stepper resolving power, a stepper that uses a high brightness and high output KrF excimer laser or ArF excimer laser, which generates light of a shorter wavelength, as the light source is receiving attention.

### **[0003]**

The materials that can be used in a projection lens in the wavelength band of a KrF excimer laser (wavelength: 248 nm) or an ArF excimer laser (wavelength: 193 nm) are limited to synthetic quartz, fluorite, and the like. However, depending on the quality and size of the crystal material, fluorite can be subject to considerable limitations from the standpoint of lens design and manufacture; consequently, a projection lens that is made of a single glass material, such as synthetic quartz, is generally used.

### **[0004]**

When a dioptric optical system, which comprises only lenses, is used as the projection optical system, a large amount of chromatic aberration is generated, which necessitates the

narrowbanding of the spectral width of the excimer laser light source. In the case of a KrF excimer laser, narrowbanding the spectral width to approximately 1 pm is achieved by providing a wavelength selecting device such as a grating or a prism. Currently, a stepper that uses such a KrF excimer laser is commercialized.

5 [0005]

The shorter the wavelength, the greater the chromatic dispersion of the synthetic quartz; consequently, in the case of an ArF excimer laser, it is necessary to narrow the bandwidth to 0.3 pm, and this has not yet been achieved. To solve this problem, a projection exposure apparatus is conventionally known (refer to Japanese Unexamined Patent Application Publication No. H01-289113) that performs chromatic separation by inserting a chromatically dispersive element **54** in an illumination optical system, as shown in the block diagram in **FIG. 5**.

10

[0006]

In **FIG. 5**, narrowbanded laser light emitted from an excimer laser apparatus **51** is transformed to parallel light by a collimator lens **52**, is reflected by a mirror **53**, and furthermore is separated into **SP1**, **SP2** by the chromatic separation of the chromatically dispersive element **54**. The light **SP1**, which has been separated out by chromatic separation, passes through a relay lens **55**, transmits through slits **56a**, **56b**, passes through a relay lens **57**, and enters a homogenizer **58**; however, the light **SP2**, which has been separated out by chromatic separation, is obstructed by the slits **56a**, **56b**.

15

20

[0007]

The light **SP1**, which passed through the homogenizer **58**, passes through relay lenses **59**, **60**, is reflected by a mirror **61**, which changes the optical path of the light **SP1**, is furthermore condensed to an appropriate degree by a condenser lens **62**, after which it illuminates a pattern area on a reticle **63** with uniform luminous flux intensity. An image of this pattern area is reduced by a projection optical system **64**, and is then projected onto a wafer **65**, which is mounted on a wafer stage **66**, thereby exposing the wafer **65**.

25

[0008]

In this conventional projection exposure apparatus, given that light in the spectrum used in the exposure and light in an unnecessary spectrum have different condensing positions owing to the chromatic aberration of the condenser lens, the slits **56a**, **56b**, which are disposed at the condensing position of the image forming spectral light from the condenser lens, separate the laser light into image forming spectral light **SP1** and unnecessary spectral light **SP2** and extract only the image forming spectral light **SP1**; consequently, the

30

intermixing of unnecessary spectral light with the illumination light is reduced, and the bandwidth of the spectrum of the light beam is thereby substantially narrowed.

[0009]

In addition, a projection exposure apparatus is conventionally known (refer to Japanese Unexamined Patent Application Publication No. H02-66510) that significantly ameliorates the problem of chromatic aberration by using as the projection optical system a catadioptric optical system, which comprises lenses and mirrors. According to this conventional projection exposure apparatus, achromatism with a spectral width of 2 nm is possible at a wavelength of 193 nm. At this time, the entire spectrum is available without any narrowbanding of the ArF excimer laser.

[0010]

#### Problems Solved by the Invention

Nevertheless, in the former conventional projection exposure apparatus, the light SP1 that the chromatically dispersive element 54, which is inserted in the illumination optical system as shown in FIG. 5, separated out by chromatic separation passes through the slits 56a, 56b, but the light SP2 cannot pass therethrough; consequently, it is not possible to utilize the entire spectrum of the laser light from the light source 51, which reduces light utilization efficiency and in turn leads to a drop in the throughput of the projection exposure apparatus.

[0011]

In addition, in the latter conventional projection exposure apparatus, although the entire spectrum is available without any narrowbanding of the ArF excimer laser, the catadioptric optical system has advantages over the dioptric optical system from the standpoint of chromatic aberration; however, the catadioptric optical system is disadvantageous because it is difficult to design and manufacture the optical system.

[0012]

In addition, an Xe<sub>2</sub> excimer lamp, whose wavelength is shorter than that of an ArF excimer laser, is also used as the light source. The center wavelength of such a light source is 172 nm, and the full width at half maximum is 14 nm. If an excimer lamp is used as the light source, then even in a catadioptric optical system only some of the spectrum of the light source can be utilized, which in turn leads to a drop in the throughput of the projection exposure apparatus.

[0013]

The present invention takes the above points into consideration, and an object of the present invention is to provide a projection exposure apparatus and a projection exposing

method that comprises a projection optical system whose light utilization is high with respect to a light source that has a quasi-monochromatic spectrum.

**[0014]**

#### **Means for Solving the Problems**

5 To achieve the abovementioned object, a projection exposure apparatus according to the present invention is a projection exposure apparatus that comprises: a light source, which emits a light beam that has quasi-monochromatic spectral characteristics; a chromatically separating element, which separates the light beam into different wavelengths; a reticle, wherein a pattern is formed; an illumination optical system, which radiates light beams of a  
10 plurality of wavelengths, which were separated out by the chromatically separating element, to different positions on the reticle; a projection optical system, which transfers an image of the pattern of the reticle, which was obtained by illumination by the illumination optical system, onto a photosensitive substrate; a chromatic aberration correcting means, which corrects chromatic aberration that arises at different positions on the reticle; and an  
15 illumination unevenness correcting means, which corrects illumination unevenness that arises at different positions on the reticle.

**[0015]**

Here, the chromatic aberration correcting means is a chromatic aberration correcting plate that is provided in the projection optical system and corrects optical path lengths, or is  
20 configured to tilt a first stage, whereon the photosensitive substrate is mounted, with respect to an optical axis of the light radiated onto the photosensitive substrate via the projection optical system.

**[0016]**

In addition, the illumination unevenness correcting means is a synchronization  
25 mechanism that synchronously scans the first stage, whereon the photosensitive substrate is mounted, and a second stage, whereon the reticle is mounted, or is a luminous flux intensity correcting plate, which is disposed in the illumination optical system and at a position conjugate to the reticle, that is configured such the transmittance varies within its surface.

**[0017]**

30 In addition, a projection exposing method of the present invention achieves the abovementioned object by: separating a light beam that has quasi-monochromatic spectral characteristics into different wavelengths using a chromatically separating element; radiating the plurality of light beams to different positions on a reticle, whereon a pattern is formed, thereby correcting chromatic aberration and illumination unevenness that arise at different



positions on the reticle; and transferring the obtained pattern image of the reticle onto a photosensitive substrate.

[0018]

In the apparatus and method according to the present invention, the light beam, which has quasi-monochromatic spectral characteristics, from the light source is subject to chromatic separation by a chromatically dispersive element such as a prism or a grating, and the colored lights that were separated out are radiated as lights of different spectrums to corresponding positions on the reticle. At this time, because the spectral width at each position on the reticle is the width after the chromatic separation, the spectral width is narrower than that of the light source. Consequently, correcting chromatic aberration and illumination unevenness that arise at each position on the reticle makes it possible to substantially increase the efficiency of the light utilization of the light source, whose spectral width is substantially wider than the achromatic width originally possessed by the projection optical system, without increasing the difficulty of designing the optical system.

[0019]

#### Detailed Description of the Preferred Embodiments

An embodiment of the present invention will now be explained. FIG. 1 shows a block diagram of a first embodiment according to the present invention. In the same figure, light emitted from a quasi-monochromatic light source 11, which emits a light beam that has the quasi-monochromatic spectral characteristics of an excimer laser, an excimer lamp, or the like, is transformed into parallel light by a collimator lens 12, is reflected by a mirror 13, which changes the light's optical path, and furthermore passes through a prism 14, which serves as one example of a chromatically separating element, thereby being separated into lights SP1, SP2 and the like, which have different wavelengths. The lights SP1, SP2 each pass through a homogenizer 15, transmit separately through two relay lenses 16, 17, which are disposed at different positions in the directions within the paper plane in the same figure, furthermore transmit through a common relay lens 18, are reflected by a mirror 19 that changes their optical paths, pass through a condenser lens 110, and impinge a reticle 111, which is illuminated at different positions in the directions within the paper plane.

[0020]

At this time, because the lights SP1, SP2 have different light intensities, illumination unevenness arises. However, illumination unevenness in directions perpendicular to the paper surface in FIG. 1 is corrected by the homogenizer 15, and thereby uniform illumination is produced. Here, because the spectrum of the illumination light differs at each position on the

reticle **111**, chromatic aberration likewise differs at each position. Accordingly, in the present embodiment, a chromatic aberration correcting plate **113** is inserted between an optical system **114** and the reticle **111**, which corrects the optical path length at each position. Namely, the projection optical system of the present embodiment comprises the chromatic aberration correcting plate **113** and the optical system **114**.

[0021]

An image of the pattern area of the reticle **111** is first corrected principally for chromatic aberration in the optical axis directions by using the chromatic aberration correcting plate **113** to correct its optical path length, after which the image is reduced by the optical system **114** and then projected onto a photosensitive substrate **115** (i.e., a wafer), which is mounted on a wafer stage **116**, thereby exposing the photosensitive substrate **115**.

[0022]

In addition, as mentioned above, illumination unevenness in the directions within the paper plane arises on the reticle **111**. To solve this problem in the present embodiment, a synchronization mechanism **117** is used to scan reticle stages **112a**, **112b**, whereupon the reticle **111** is mounted, and the wafer stage **116**, while maintaining an image forming relationship in the directions within the paper plane. Thereby, the abovementioned illumination unevenness in the directions within the paper plane can be corrected by equalizing the illumination on the reticle **111** in the directions within the paper plane of FIG. 1.

[0023]

FIG. 2 is a block diagram of a second embodiment of the projection exposure apparatus according to the present invention. In the same figure, constituent parts that are identical to those in FIG. 1 are assigned the same symbols, and explanations thereof are therefore omitted. In the second embodiment shown in FIG. 2, chromatic aberration is corrected simply, namely, by tilting a wafer stage **23** with respect to the optical axis.

[0024]

In FIG. 2, the lights **SP1**, **SP2** that pass through the condenser lens **110** and impinge the reticle **111** illuminate the pattern area of the reticle **111** at different positions in the directions within the paper plane.

[0025]

At this time, because the lights **SP1**, **SP2** have different light intensities, illumination unevenness arises as mentioned above. However, the illumination unevenness in directions perpendicular to the paper surface in FIG. 2 is corrected by the homogenizer **15**, as in the first

embodiment, and thereby uniform illumination is produced. Moreover, illumination unevenness in the directions within the paper plane of **FIG. 2** is corrected, as in the first embodiment, by using a synchronization mechanism **22** to scan the reticle stages **112a**, **112b**, whereupon the reticle **111** is mounted, and the wafer stage **23** while maintaining the image forming relationship in the directions within the paper plane.

[0026]

In addition, because the spectrum of the illumination light differs at each position of the reticle **111**, the chromatic aberration likewise differs at each position. Accordingly, in the present embodiment, chromatic aberration is corrected by tilting the wafer stage **23** with respect to the optical axis. Namely, the image of the pattern area of the reticle **111** is reduced by a projection optical system **21** and radiated onto the wafer **115**; however, the image forming positions differ according to the wavelength, namely, the shorter the wavelength is, the closer the image is formed to the projection optical system **21** side.

[0027]

For example, if light of a wavelength of 193 nm is shifted by 1 pm, then, with a dioptric optical system made of synthetic quartz, the image forming position is shifted in the optical axis directions by 0.15  $\mu\text{m}$ . Here, because the wavelength of the light **SP1** is shorter than that of the light **SP2**, the left end portion of the wafer stage **23** is tilted such that it is positioned higher than the right end portion, as shown in **FIG. 2**. In addition, the angle of inclination is prescribed according to, for example, the irradiated surface of the reticle **111**.

[0028]

Next, a third embodiment of the present invention will be explained. **FIG. 3** is a block diagram of the third embodiment of the projection exposure apparatus according to the present invention. In the same figure, constituent parts identical to those in **FIG. 1** are assigned the same symbols, and explanations thereof are therefore omitted. In contrast with the embodiment shown in **FIG. 1**, wherein luminous flux intensity nonuniformity is corrected by the reticle stages **112a**, **112b** and the wafer stage **116**, the embodiment shown in **FIG. 3** corrects luminous flux intensity nonuniformity at each position in the directions within the paper plane on the reticle **111** by inserting a luminous flux intensity correcting plate **31** in the optical path between the relay lenses **16**, **17** and the relay lens **18** at a position that is conjugate to the reticle **111**.

[0029]

In the luminous flux intensity correcting plate 31, transmittance at each position within its surface is varied so as to correct luminous flux intensity nonuniformity at each position in the directions within the paper plane on the reticle 111; thereby, uniform illumination is produced over all positions in the directions within the paper plane on the reticle 111. In the present embodiment, the synchronization mechanism 117 can be made unnecessary.

[0030]

A fourth embodiment of the present invention will now be explained. FIG. 4 is a block diagram of the fourth embodiment of the projection exposure apparatus according to the present invention. In the same figure, constituent parts identical to those in FIG. 3 are assigned the same symbols, and explanations thereof are therefore omitted. In the embodiment shown in FIG. 4, chromatic aberration is corrected by tilting a wafer stage 42 whereon the wafer 115, whereto a reduction projected image of the reticle 111 is radiated by a projection optical system 41, is mounted.

[0031]

Furthermore, in the embodiments above, the prism 14 is used as the chromatically separating element, but the present invention is not limited thereto; for example, some other chromatically separating element such as a grating may be used. In addition, various types of projection optical systems, such as a dioptric or a catadioptric type, can be used as the projection optical system.

[0032]

### **Effects of the Invention**

As explained above, according to the present invention, the light utilization efficiency of a light source whose spectral width is substantially greater than the achromatic width originally possessed by a projection optical system is increased without making the design of the optical system difficult, which makes it possible to increase the throughput of the projection exposure apparatus and, in turn, to increase semiconductor device productivity.

### **Brief Description of the Drawings**

FIG. 1 is a block diagram of a first embodiment according to the present invention.

FIG. 2 is a block diagram of a second embodiment according to the present invention.

FIG. 3 is a block diagram of a third embodiment according to the present invention.

FIG. 4 is a block diagram of a fourth embodiment according to the present invention.

FIG. 5 is a block diagram of one example of a conventional apparatus.

### **Explanation of Symbols**

	11	Quasi-monochromatic light source
	12	Collimator lens
	14	Prism
	15	Homogenizer
5	16–18	Relay lenses
	21, 41	Projection optical systems
	22, 117	Synchronization mechanisms
	23, 42, 116	Wafer stages
	31	Luminous flux intensity correcting plate
10	110	Condenser lens
	111	Reticle
	112a, 112b	Reticle stages
	113	Chromatic aberration correcting plate
	114	Optical system
15	115	Photosensitive substrate (wafer)

## DRAWINGS

**FIG. 1**

- 11 QUASI-MONOCHROMATIC LIGHT SOURCE
- 14 PRISM
- 5 15 HOMOGENIZER
- 111 RETICLE
- 112a,b RETICLE STAGES
- 113 CHROMATIC ABERRATION CORRECTING PLATE
- 114 OPTICAL SYSTEM
- 10 115 PHOTSENSITIVE SUBSTRATE (WAFER)
- 116 WAFER STAGE
- 117 SYNCHRONIZATION MECHANISM

**FIG. 2**

- 15 11 QUASI-MONOCHROMATIC LIGHT SOURCE
- 14 PRISM
- 15 HOMOGENIZER
- 111 RETICLE
- 112a,b RETICLE STAGES
- 20 21 PROJECTION OPTICAL SYSTEM
- 22 SYNCHRONIZATION MECHANISM
- 23 WAFER STAGE
- 115 PHOTSENSITIVE SUBSTRATE (WAFER)

**FIG. 3**

- 11 QUASI-MONOCHROMATIC LIGHT SOURCE
- 14 PRISM
- 15 HOMOGENIZER
- 31 LUMINOUS FLUX INTENSITY CORRECTING PLATE
- 30 111 RETICLE
- 113 CHROMATIC ABERRATION CORRECTING PLATE
- 114 OPTICAL SYSTEM
- 115 PHOTSENSITIVE SUBSTRATE (WAFER)
- 116 WAFER STAGE

**FIG. 4**

- 11 QUASI-MONOCHROMATIC LIGHT SOURCE
- 14 PRISM
- 5 15 HOMOGENIZER
- 31 LUMINOUS FLUX INTENSITY CORRECTING PLATE
- 111 RETICLE
- 41 PROJECTION OPTICAL SYSTEM
- 42 WAFER STAGE
- 10 115 PHOTSENSITIVE SUBSTRATE (WAFER)

**FIG. 5**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-115811

(43) 公開日 平成9年(1997)5月2日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 1 5 D
G 0 3 F 7/20	5 2 1		G 0 3 F 7/20	5 2 1
			H 0 1 L 21/30	5 1 5 B

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平7-272269

(22) 出願日 平成7年(1995)10月20日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 田辺 容由

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 弁理士 松浦 兼行

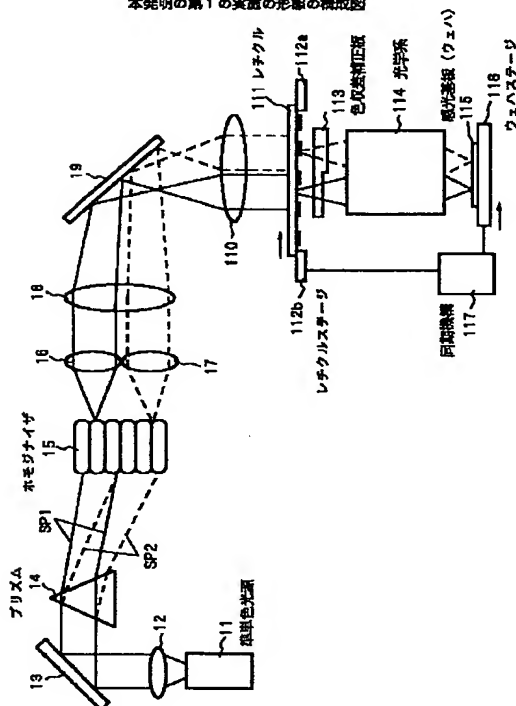
(54) 【発明の名称】 投影露光装置及び投影露光方法

(57) 【要約】

【課題】 色分散素子色分離された複数の光の一部のみしかスリットを通過できないため、光源からのレーザ光のスペクトルすべてを利用することができず、光利用効率が落ちて、投影露光装置のスループット低下を引き起こす。反射屈折光学系を用いた従来装置は、光学系設計及び製造が難しい点不利である。

【解決手段】 光源11からの準単色なスペクトル特性を有する光ビームをプリズム14により色分離を行い、色分離した各色の光がレチクル111の各位置に異なるスペクトルの光として照射される。レチクル111のパターン領域の像は、色収差補正板113により光路長が補正されることにより、主に光軸方向の色収差が補正される。また、レチクルステージ112a、112bと、ウェハステージ116とを同期機構117を用いて、紙面内方向に結像関係を保ちながら走査して上記照明むらを補正する。

本発明の第1の実施の形態の構成図





## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 準単色なスペクトル特性を有する光ビームを射出する光源と、

前記光ビームを異なる波長毎に分離する色分離素子と、パターンが形成されたレチクルと、

前記色分離素子により分離された複数の波長の光ビームを、それぞれ前記レチクルの異なる位置に照射する照明光学系と、

前記照明光学系により照明して得られたレチクルのパターン像を感光基板上に転写する投影光学系と、

前記レチクルの異なる位置において生じる色収差を補正する色収差補正手段と、

前記レチクルの異なる位置において生じる照明むらを補正する照明むら補正手段とを有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項2】 前記色収差補正手段は、前記投影光学系中に設けられて光路長を補正する色収差補正板であることを特徴とする請求項1記載の投影露光装置。

【請求項3】 前記色収差補正手段は、前記感光基板を載置する第1のステージを、前記投影光学系を介して前記感光基板上に照射される光の光軸に対して傾斜した構成であることを特徴とする請求項1記載の投影露光装置。

【請求項4】 前記照明むら補正手段は、前記感光基板を載置する第1のステージと、前記レチクルを載置する第2のステージをそれぞれ同期して走査する同期機構であることを特徴とする請求項1乃至3のうちいずれか一項記載の投影露光装置。

【請求項5】 前記照明むら補正手段は、前記照明光学系中で、かつ、前記レチクルと共役な位置に配置された、面内の透過率が異なる構成の照度補正板であることを特徴とする請求項1乃至3のうちいずれか一項記載の投影露光装置。

【請求項6】 準単色なスペクトル特性を有する光ビームを色分離素子により異なる波長毎に分離し、これら複数の光ビームをパターンが形成されたレチクルの異なる位置に照射し、これにより該レチクルの異なる位置において生じる色収差と照明むらをそれぞれ別々に補正し、得られたレチクルのパターン像を感光基板上に転写することを特徴とする投影露光方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は投影露光装置及び投影露光方法に係り、特に半導体集積回路等の製造工程で、回路パターンの転写に利用される投影露光装置及び投影露光方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 超高圧水銀ランプのg線やi線スペクトルを光源として投影を行うステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置、いわゆるステッパは半導体集

積回路の製造におけるリソグラフィ工程において中心的役割を担っている。しかし、最近では半導体集積回路の集積度がますます高くなり、ステッパの解像力を向上させるために、より短波長の光を発生させる高輝度、高出力のKrFエキシマレーザやArFエキシマレーザを光源とするステッパが注目されている。

【0003】 KrFエキシマレーザ（波長248nm）やArFエキシマレーザ（波長193nm）の波長域では投影レンズに使用できる材料は合成石英、螢石等に限定される。しかし、螢石は結晶材料の品質及び大きさによりレンズ設計及び製造上かなりの制限を受けるため、合成石英のみの単一硝材からなる投影レンズが一般に用いられている。

【0004】 投影光学系としてレンズのみから構成される屈折光学系を用いるときには、大きな色収差が発生するため、エキシマレーザ光源のスペクトル幅を狭帯域化する必要がある。KrFエキシマレーザの場合には、グレーティング、プリズム等の波長選択素子を備えることにより、スペクトル幅を1pm程度までの狭帯域化が実現している。現在、このKrFエキシマレーザを用いたステッパが市販されている。

【0005】 合成石英の色分散は、短波長になるほど大きくなるため、ArFエキシマレーザの場合には、0.3pmまで狭帯域化する必要があるが、これはまだ実現されていない。この問題を解決するために、従来より図5の構成図に示すように、照明光学系中に色分散素子54を挿入して色分離を行っている投影露光装置が知られている（特開平1-289113号公報）。

【0006】 図5において、エキシマレーザ装置51から出射された、狭帯域化されたレーザ光はコリメータレンズ52で平行光化され、ミラー53で反射され、更に色分散素子54でSP1とSP2に色分離される。色分離された光SP1はリレーレンズ55を通してスリット56a、56bを通過し、リレーレンズ57を通してホモジナイザ58に入射されるが、色分離されたもう一方の光SP2はスリット56a、56bにより阻止される。

【0007】 ホモジナイザ58を通過した光SP1は、リレーレンズ59及び60をそれぞれ通してミラー61で反射されて光路が変えられ、更にコンデンサレンズ62で適度に集光された後、レチクル63のパターン領域を均一な照度で照明する。このパターン領域の像は投影光学系64により縮小された後、ウェハステージ66上に載置されたウェハ65上に投影露光される。

【0008】 この従来の投影露光装置では、露光に用いるスペクトルの光と不要なスペクトルの光とでは集光レンズの色収差によって集光位置が異なることを用い、集光レンズによる結像スペクトル光の集光位置に配置したスリット56a、56bにより、レーザ光を結像スペクトル光SP1と不要なスペクトルの光SP2とに分離

10

20

30

40

50

し、結像スペクトル光 S P 1 のみを抽出しているため、照明光への不要なスペクトルの光の混入を低減させ、実質的に光ビームのスペクトルの帯域を狭帯域化しようとしている。

【0009】また、従来、投影光学系としてレンズ及びミラーから構成される反射屈折光学系を用いることにより、色収差の問題を大きく軽減した投影露光装置も知られている（特開平 2-66510 号公報）。この従来の投影露光装置によれば、波長 193 nm でスペクトル幅 2 nm の色消しが可能である。このときには、A r F エキシマレーザを狭帯域化せずにすべてのスペクトルが利用可能である。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかるに、前者の従来の投影露光装置では、図 5 に示したように照明光学系中に挿入された色分散素子 5 4 により色分離された光 S P 1 は、スリット 5 6 a、5 6 b を通過するが、光 S P 2 はスリット 5 6 a、5 6 b を通過できないため、光源 5 1 からのレーザ光のスペクトルすべてを利用することができず、光利用効率が落ちて、投影露光装置のスループット低下を引き起こす。

【0011】また、後者の従来の投影露光装置では、A r F エキシマレーザを狭帯域化せずにすべてのスペクトルが利用可能である反面、色収差という点からすると反射屈折光学系が屈折光学系に比べて有利であるが、光学系設計及び製造が難しい点不利である。

【0012】また、A r F エキシマレーザより短波長な光源として、X e<sub>2</sub> エキシマランプがある。この光源の中心波長は 172 nm、スペクトル半値幅は 14 nm である。エキシマランプを光源として用いる場合には、反射屈折光学系を用いても光源のスペクトルのほんの一部しか利用することができず、投影露光装置のスループット低下を引き起こす。

【0013】本発明は以上の点に鑑みなされたもので、準単色なスペクトルを持つ光源に対して光利用率が高い投影光学系を有する投影露光装置及び投影露光方法を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明の投影露光装置は、準単色なスペクトル特性を有する光ビームを出射する光源と、光ビームを異なる波長毎に分離する色分離素子と、パターンが形成されたレチクルと、色分離素子により分離された複数の波長の光ビームを、それぞれレチクルの異なる位置に照射する照明光学系と、照明光学系により照明して得られたレチクルのパターン像を感光基板上に転写する投影光学系と、レチクルの異なる位置において生じる色収差を補正する色収差補正手段と、レチクルの異なる位置において生じる照明むらを補正する照明むら補正手段とを有する構成としたものである。

【0015】ここで、色収差補正手段は、投影光学系中に設けられて光路長を補正する色収差補正板か、若しくは感光基板を載置する第 1 のステージを、投影光学系を介して前記感光基板上に照射される光の光軸に対して傾斜した構成である。

【0016】また、照明むら補正手段は、感光基板を載置する第 1 のステージと、レチクルを載置する第 2 のステージをそれぞれ同期して走査する同期機構か、若しくは照明光学系中で、かつ、前記レチクルと共役な位置に配置された、面内の透過率が異なる構成の照度補正板であることを特徴とする。

【0017】また、本発明の投影露光方法は、上記の目的を達成するため、準単色なスペクトル特性を有する光ビームを色分離素子により異なる波長毎に分離し、これら複数の光ビームをパターンが形成されたレチクルの異なる位置に照射し、これによりレチクルの異なる位置において生じる色収差と照明むらをそれぞれ別々に補正し、得られたレチクルのパターン像を感光基板上に転写することを特徴とする。

【0018】本発明装置及び方法では、光源からの準単色なスペクトル特性を有する光ビームをプリズムやグレーティング等の色分散素子を配置して色分離を行い、色分離した各色の光がレチクルの各位置に異なるスペクトルの光として照射される。このときレチクルの各位置におけるスペクトル幅は色分離した後なので、光源のスペクトル幅に比べて狭くなっている。このため、このときレチクルの各位置に生じる色収差と照明むらをそれぞれ補正することにより、光学系設計を難しくすることなく、実質的に投影光学系が本来持っていた色消し幅よりも広いスペクトル幅を持つ光源の光利用効率が上がる。

【0019】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態について説明する。図 1 は本発明の第 1 の実施の形態の構成図を示す。同図において、エキシマレーザあるいはエキシマランプなどの準単色なスペクトル特性を有する光ビームを出射する準単色光源 1 1 から出射された光は、コリメートレンズ 1 2 により平行光化された後、ミラー 1 3 で反射されて光路が変えられ、更に色分離素子の一例としてのプリズム 1 4 を通ることにより、異なる波長を持つ光 S P 1、S P 2 などに分離される。光 S P 1 及び S P 2 はそれぞれホモジナイザ 1 5 を通過して、同図の紙面内方向の異なる位置に配置された 2 つのリレーレンズ 1 6 及び 1 7 を別々に透過し、更に共通のリレーレンズ 1 8 を透過してミラー 1 9 により光路が変えられ、コンデンサレンズ 1 1 0 を通してレチクル 1 1 1 に入射され、これを紙面内方向の異なる位置で照明する。

【0020】このとき、光 S P 1 と S P 2 は異なる光強度を持つため、照明むらが生じる。しかし、図 1 の紙面に垂直な方向の照明むらに関しては、ホモジナイザ 1 5 により補正され均一な照明とされている。ここで、レチ

クル 111 の各位置で照明光のスペクトルが異なるため、色収差は各位置で異なる。そこで、この実施の形態では、光学系 114 とレチクル 111 の間に、色収差補正板 113 を挿入して各位置での光路長の補正をしている。すなわち、この実施の形態の投影光学系は色収差補正板 113 と光学系 114 から構成される。

【0021】レチクル 111 のパターン領域の像は、色収差補正板 113 により光路長が補正されることにより、主に光軸方向の色収差が補正された後、光学系 114 により縮小され、ウェハステージ 116 上に載置された感光基板（ウェハ） 115 上に投影露光される。

【0022】また、レチクル 111 上では前記したように、紙面内方向に照明むらが生じている。この実施の形態では、この問題を解決するために、レチクル 111 を載置しているレチクルステージ 112 a、112 b と、ウェハステージ 116 とを同期機構 117 を用いて、紙面内方向に結像関係を保ちながら走査する。これにより、レチクル 111 上の照明を図 1 の紙面内方向に平均化することにより、上記の紙面内方向の照明むらを補正することができる。

【0023】図 2 は本発明になる投影露光装置の第 2 の実施の形態の構成図を示す。同図中、図 1 と同一構成部分には同一符号を付し、その説明を省略する。図 2 に示す第 2 の実施の形態は、ウェハステージ 23 が光軸に対して傾斜されることにより、色収差を簡便に補正するようにした点に特徴がある。

【0024】図 2 において、コンデンサレンズ 110 を通してレチクル 111 に入射された光 S P 1 及び S P 2 は、レチクル 111 のパターン領域を紙面内方向の異なる位置で照明する。

【0025】このとき、光 S P 1 と S P 2 は異なる光強度を持つため、前記したように照明むらが生じる。しかし、図 2 の紙面に垂直な方向の照明むらに関しては、第 1 の実施の形態と同様に、ホモジナイザ 15 により補正され均一な照明とされている。一方、図 2 の紙面内方向の照明むらに関しては、レチクル 111 を載置しているレチクルステージ 112 a、112 b と、ウェハステージ 23 とを同期機構 22 を用いて、紙面内方向に結像関係を保ちながら走査することにより、第 1 の実施の形態と同様に補正する。

【0026】また、レチクル 111 の各位置で照明光のスペクトルが異なるため、色収差は各位置で異なる。そこで、この実施の形態では、ウェハステージ 23 を光軸に対して傾斜することにより、色収差を補正するようにしている。すなわち、レチクル 111 のパターン領域の像は、投影光学系 21 により縮小されてウェハ 115 上に照射されるが、その結像位置は波長によって異なり、波長が短い方が投影光学系 21 側に結像される。

【0027】例えば、波長 193 nm の光が 1  $\mu$ m ずれると、合成石英で構成される屈折光学系では 0.15  $\mu$ m

m 結像位置が光軸方向にずれる。ここでは、光 S P 1 の波長が光 S P 2 の波長よりも短いので、図 2 に示すように、ウェハステージ 23 は図中左端部分が右端部分よりも高い位置になるように傾斜されている。また、この傾斜角度はレチクル 111 の照射面などによって定められる。

【0028】次に、本発明の第 3 の実施の形態について説明する。図 3 は本発明になる投影露光装置の第 3 の実施の形態の構成図を示す。同図中、図 1 と同一構成部分には同一符号を付し、その説明を省略する。図 3 の実施の形態は、図 1 の実施の形態がレチクルステージ 112 a、112 b とウェハステージ 116 で照度むらを補正していたのに対し、照度補正板 31 をリレーレンズ 16、17 とリレーレンズ 18 の間の光路中の、レチクル 111 と共役となる位置に挿入してレチクル 111 上の紙面内方向の各位置における照度むらを補正した点に特徴がある。

【0029】上記の照度補正板 31 は面内の各位置における透過率が、レチクル 111 上の紙面内方向の各位置における照度むらを補正するように異なるようにされており、これにより、レチクル 111 上の紙面内方向の各位置では均一な照明となるようにしている。この実施の形態では、同期機構 117 を不要にできるという特徴がある。

【0030】次に、本発明の第 4 の実施の形態について説明する。図 4 は本発明になる投影露光装置の第 4 の実施の形態の構成図を示す。同図中、図 3 と同一構成部分には同一符号を付し、その説明を省略する。図 4 の実施の形態は、色収差を補正するために、投影光学系 41 によりレチクル 111 の縮小投影像が照射されるウェハ 115 が載置されるウェハステージ 42 を傾斜させた点に特徴がある。

【0031】なお、以上の実施の形態では、色分離素子としてプリズム 14 を用いているが、本発明はこれに限定されるものではなく、グレーティング等の他の色分離素子を用いてもよい。また、投影光学系としては屈折型、反射屈折型等種々のものを用いることができる。

#### 【0032】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、光学系設計を難しくすることなく、実質的に投影光学系が本来持っていた色消し幅よりも広いスペクトル幅を持つ光源の光利用効率が上がるため、投影露光装置のスループットを上げ、ひいては半導体装置の生産性を上げることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態の構成図である。

【図 2】本発明の第 2 の実施の形態の構成図である。

【図 3】本発明の第 3 の実施の形態の構成図である。

【図 4】本発明の第 4 の実施の形態の構成図である。

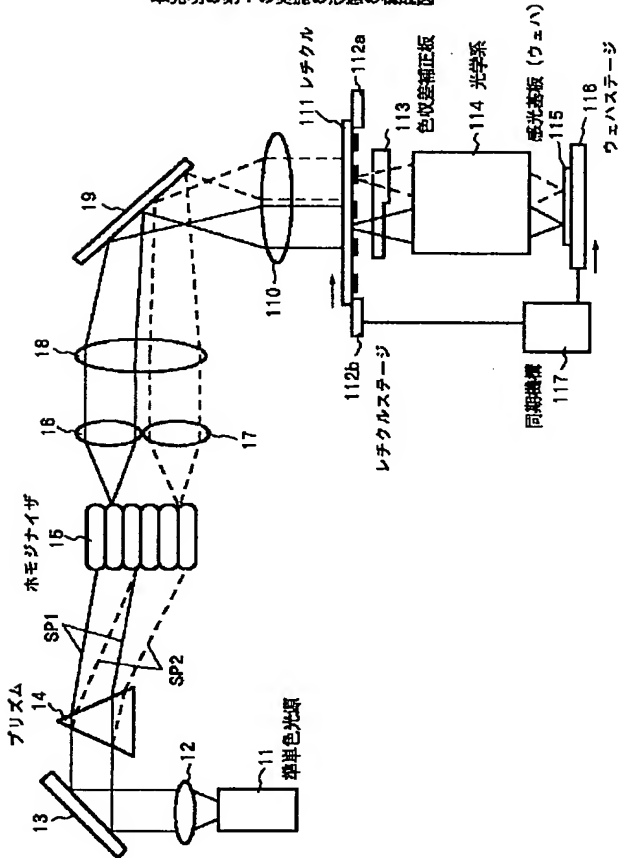
【図 5】従来装置の一例の構成図である。

## 【符号の説明】

- 11 準単色光源  
12 コリメートレンズ  
14 プリズム  
15 ホモジナイザ  
16～18 リレーレンズ  
21、41 投影光学系  
22、117 同期機構

【図1】

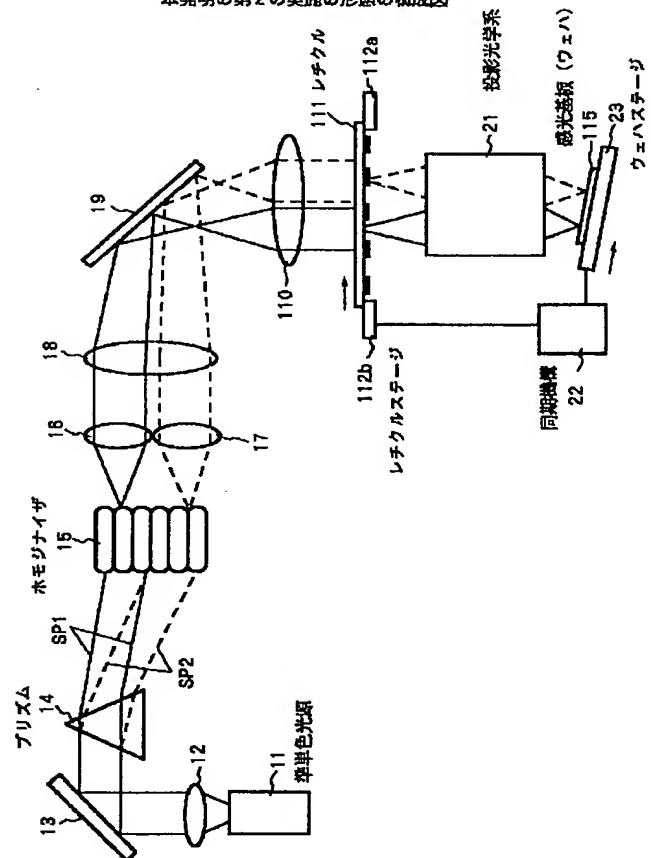
本発明の第1の実施の形態の構成図



- \* 23、42、116 ウェハステージ  
31 照度補正板  
110 コンデンサレンズ  
111 レチクル  
112 a、112 b レチクルステージ  
113 色収差補正板  
114 光学系  
\* 115 感光基板 (ウェハ)

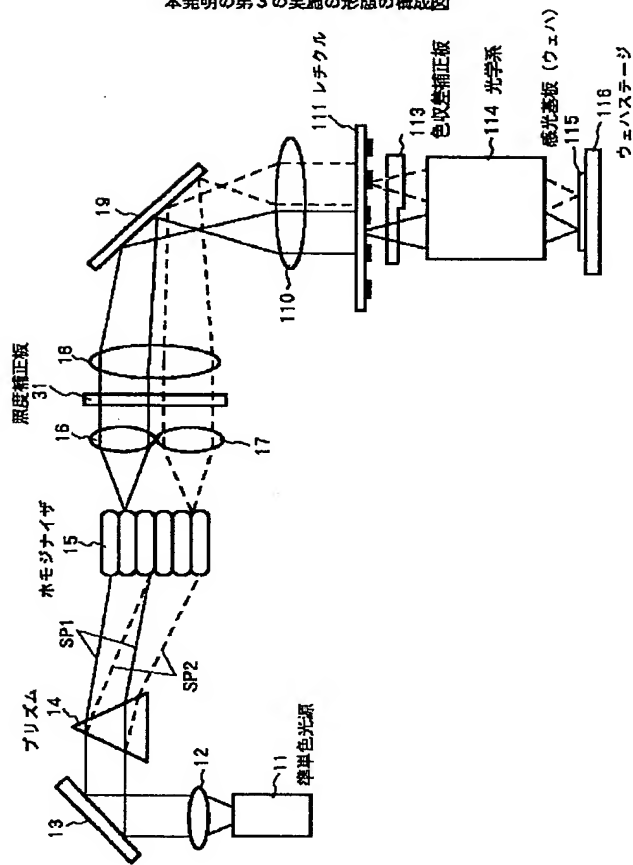
【図2】

本発明の第2の実施の形態の構成図



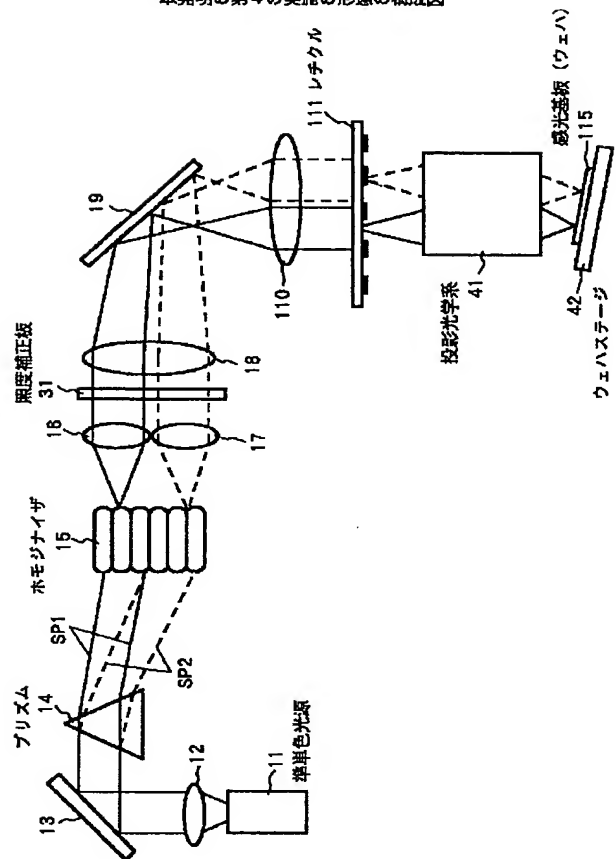
【図3】

本発明の第3の実施の形態の構成図



【図4】

本発明の第4の実施の形態の構成図



【図 5】

従来装置の一例の構成図

